

文章编号:1671-251X(2009)06-0107-05

基于 LPC2292 的智能型电子式电动机 过载保护继电器的研制

周有立

(温州职业技术学院电气电子系,浙江 温州 325035)

摘要:文章提出了一种基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统和 LPC2292 嵌入式微处理器的智能型电子式电动机过载保护继电器的设计方案。在采用对称分量法分析三相异步电动机常见故障的基础上,文章介绍了该智能型电子式电动机过载保护继电器的硬件设计,详细介绍了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统中各种任务的优先级分配以及基于 CAN 总线的数据通信部分的设计思路。该继电器能够根据负载运行状态自动地选择最佳匹配模式对电动机进行控制与保护,并可与上位机进行双向通信。实验运行及现场应用结果表明,该继电器操作简便、性能可靠、保护功能完善、抗干扰能力强。

关键词:三相异步电动机;过载保护;继电器;智能;对称分量法;LPC2292; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$;CAN 总线
中图分类号:TM588 **文献标识码:**B

收稿日期:2009-02-21

作者简介:周有立(1967-),男,高级讲师,浙江大学国内访问学者,现主要从事机电一体化及嵌入式控制方面的教学与研究工作。
Tel:0577-88323212;E-mail:826312047@qq.com

(3) 数据通信模块

建立监控单元与网络服务器的通信链路,完成相应的协议转换任务。数据通信模块主要包括网络通信层、应用通信层及应用处理层。网络通信层主要负责屏蔽硬件差异,提供 BSD Socket 层接口和可靠的流式传输;应用通信层则在网络通信层的基础上完成特定协议帧的发送任务;应用处理层则主要对来自监控中心下传的命令、数据进行解释并采取相应的处理措施。

(4) 液晶显示模块

实时显示设备运行参数及故障时的故障类型,配合4个功能键(菜单键、2个方向键作为复合键、确认键),采用滚动菜单显示的方式实现各种显示和参数设定功能。

3 结语

本文介绍的基于 uClinux 的井下低压电器网络监控系统以 S3C44B0X 微处理器为核心、以 uClinux 为操作系统,可以更好地保证井下电器设备运行的安全性,大大提高煤矿的网络化管理水平,

为煤矿的高效安全生产提供有力的技术支持。试验结果表明,基于上述设计方案的监控系统通信稳定、操作方便,具备完善的保护功能,有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 李岩,荣盘祥.基于 S3C44B0X 嵌入式 uClinux 系统原理及应用[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [2] 张浩,姚伯威.基于 uClinux 嵌入式系统的汽车黑匣子的设计与开发[J].微计算机信息,2006(14).
- [3] 孙光,梁长根.12位 A/D 转换器 ADS7864 在电网谐波分析仪中的应用[J].国外电子元器件,2006(9).
- [4] 黄永亚,陈自忠.基于 S3C44B0X 的嵌入式电力负荷管理终端设计[J].福建电脑,2007(2).
- [5] 张超.基于 ARM 和 uClinux 的嵌入式系统的构建研究[D].西安:西安电子科技大学,2005.
- [6] 江敏,陈一明.基于 S3C44B0X 的嵌入式系统 BootLoader 的设计与实现[J].工矿自动化,2007(2).
- [7] 贺安坤.基于 S3C44B0X 微处理器嵌入式系统的研究与实现[D].北京:中国石油大学(北京),2006.

Development of Intelligent Type Electronic Over-load Protection Relay of Motor Based on LPC2292

ZHOU You-li

(Dept. of Electrical and Electronics Engineering of Wenzhou Vocational and Technical College, Wenzhou 325035, China)

Abstract: The paper proposed a design scheme of an intelligent type electronic over-load protection relay of motor based on $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ embedded operating system and LPC2292 embedded microprocessor. On the basis of adopting symmetrical component method to analyze common faults of three-phase asynchronous motor, the paper introduced hardware design of the relay and introduced priority distribution of all kinds of tasks of $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ embedded operating system and design thought of the data communication part based on CAN bus in details. The relay can select the best matching mode to control and protect motor automatically according to running state of load as well as intercommunicate with upper computer. The experiment running and field application results showed that the relay has easy operation, reliable performance, perfect protection functions and strong anti-interference ability.

Key words: three-phase asynchronous motor, over-load protection, relay, intelligence, symmetrical component method, LPC2292, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, CAN bus

0 引言

随着嵌入式处理器技术、电力电子技术、网络通信技术、人工智能技术以及新生产工艺、新型材料的不断发展和广泛应用,传统低压电器正不断向小型化、智能化、多功能机电一体化方向发展。笔者将上述现代先进技术与传统的电子式电动机过载保护继电器相结合,设计了一种智能型电子式电动机过载保护继电器,一方面引入嵌入式微处理器,使其实现智能化,即能够根据负载运行状态自动地选择最佳匹配模式进行控制与保护,另一方面可与上位机进行双向通信,具有监控、保护、通信及增强的保护功能。

1 基于对称分量法的电动机保护理论

三相异步电动机的故障可分为对称性故障和不对称性故障 2 种,造成电动机故障的一般原因:电动机堵转、过载;定子绕组相间短路;缺一相电源;定子绕组接地;定子绕组接线错误;电源线短路或接地等。根据电流对称分量法,电动机故障的具体叙述如下:

(1) 电动机电流对称故障。电动机正常运行时,三相电路的参数相同,只有正序分量,其工作电流小于额定电流。当电动机发生堵转、过载、三相短路故障时,其三相电流主要表现为正序电流,通过电动机过流电流反映该类故障对电动机的损害程度:

过载时,三相电流一般是电动机额定电流的 1.05 ~ 5 倍;堵转时,三相电流的大小约等于电动机的启动电流,一般是电动机额定电流的 5 ~ 8 倍;三相短路时,三相电流约为电动机额定电流的 8 ~ 10 倍。

(2) 电动机电流不对称故障。当发生电动机断相、两相短路、不平衡运行等故障时,高倍的电动机过电流一般并不会出现,因此,只通过检查过电流幅值判断是否发生电动机电流不对称故障的效果并不理想,而三相异步电动机烧坏往往是由于发生了不对称故障。为改变传统电动机过载保护继电器以检测电动机过流信号为基础的保护,笔者采用基于对称分量法的电动机保护。根据对称分量法,当电动机发生不对称故障时,将使三相电压和三相电流的大小、相位不再对称,除了正序电流外,还会出现负序及零序电流分量。负序电流的存在会产生逆磁场,并产生负电磁力矩,导致电动机的合成电磁力矩大大减小,从而使电动机发热严重,且严重程度随不平衡度的增加而加强。不对称电流可通过采样三相电流经嵌入式微处理器运算获得负序及零序电流分量的大小。

表 1 为采用对称分量法分析三相异步电动机各类常见故障下的正序、负序及零序电流分布情况。表 1 中,假设三相异步电动机发生单相故障时, U 相为故障相,发生两相故障时, V 相、W 相为故障相, I_0 表示故障前电流幅值, $I = I_U + I_V + I_W$ 。实际运行情况因故障而定。

表 1 采用对称分量法分析三相异步电动机各类常见故障下的正序、负序及零序电流分布情况表

故障类型		故障特征量			其它故障特征量	保护特性
		零序电流	负序电流	过电流		
对称故障	过载	无	无	$(1.05 \sim 5) I_e$	$I_U \quad I_V \quad I_W$	反时限
	堵转	无	无	$(5 \sim 8) I_e$	$I_U \quad I_V \quad I_W$	短时限
	短路	无	无	$(8 \sim 10) I_e$	$I_U \quad I_V \quad I_W$	速断
不对称故障	断相	无	$I_W / \sqrt{3}$	$\sqrt{3} I_0$	$I_U = 0, I_V = I_W$	短时限
	逆相	无	I_U	无	$I_U \quad I_V \quad I_W$	速断
	不平衡	无	有	无	$I_U \quad I_V \quad I_W$	短时限
	相间短路	无	有	有	$I_V \quad I_W > I_U$	速断
	单相接地	$I / 3$	有	有	$I_U > I_V \quad I_W$	速断
	两相接地	$I / 3$	有	有	$I_V、I_W > I_U = I_0$	速断

2 硬件设计

2.1 继电器结构及工作原理

智能型电子式电动机过载保护继电器主要由信号采集调理电路、嵌入式微处理器模块、键盘及显示模块 3 个部分组成。其中,信号采集调理电路主要用于电压、电流的检测以及将双极性信号转换为单极性信号;嵌入式微处理器模块主要用于电流对称分量法计算、保护动作的处理、开关控制、与上位机进行数据通信;键盘及显示模块主要用于数据处理显示、人机界面设计等。

如图 1 所示,嵌入式微处理器模块以 LPC2292 嵌入式微处理器为核心,每个周期对电网进行 12 点的采样,即每隔 1/12 个周期,通过电流互感器对三相异步电动机的电流进行采样、通过电压互感器对其电压进行采样。采样信号经信号采集调理电路处理后,进入 LPC2292 的 A/D 单元端口,经片内 A/D 转换器转换成数字信号,并由嵌入式系统单元进行均方根离散化处理求得各相的有效值,再经对称分量法运算、分析和判断后求得正序电流、零序电流、负序电流。根据故障特征由 LPC2292 输出的相应信号显示在液晶显示器上,并通过光耦驱动脱扣执行机构对电动机进行控制与保护,并经 CAN 总线发送信息给上位机。

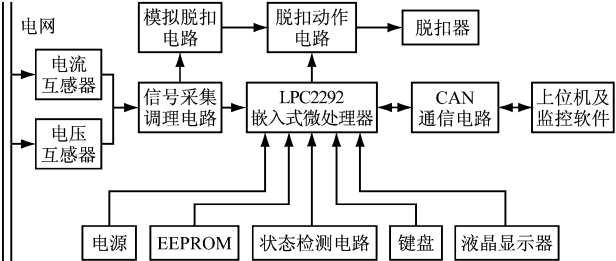


图 1 智能型电子式电动机过载保护继电器的硬件结构图

2.2 LPC2292 嵌入式微处理器

智能型电子式电动机过载保护继电器选用 NXP 公司生产的 LPC2292 嵌入式微处理器作为核心主控芯片。LPC2292 是一款基于 ARM7 TDMI-S 内核的 16/32 位嵌入式 ARM 微处理器,工作频率高达 60 MHz,具有片内晶体振荡器和片内 PLL;支持 JTAG 仿真和实时跟踪的 CPU 寄存器状态,具有 256 KB 的高速 FLASH,可存储该继电器的软件程序;内置 8 路 10 位 A/D 转换器,转换时间为 2.44 μ s,可及时转换电压、电流信号;具有高速集成 IIC(400 kbps),可进行集成块之间的通信;其 CAN 接口带有 2 路互连的验收滤波器,可直接接入 CAN 网络。另外,LPC2292 还具有 2 路异步串行通信 UART(16C550),若需要可通过 RS485 与上位机通信。

2.3 信号采集调理电路

LPC2292 的片内 A/D 转换器的参考电压为 3.3 V,转换电压为单极性的 0~3.3 V。因采集的交流信号为双极性,而交流信号需经滤波、信号放大、加偏置电压提升电位后变为单极性信号才可送入 LPC2292 处理,因此,必须设计信号采集调理电路。信号采集调理电路的主要功能:3 路电流信号取样、将电流信号转换为电压信号、3 路电压信号经分压处理送入预处理电路。各部分电路分别由一个偏置调压电路进行调节。

3 软件设计

3.1 μ C/OS-II 嵌入式操作系统

近年来,随着嵌入式系统的应用越来越广泛,实时嵌入式操作系统(RTOS)的使用越来越成熟,而 μ C/OS-II 作为开源的 RTOS 也获得了广泛的应用。

实际上, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是一个 RTOS 型内核, 只包含了任务调度、时间管理、任务间通信同步(邮箱、信号量、消息、队列)和内存管理等功能, 没有输入/输出管理、文件系统和网络。它属于可剥夺型内核, 规定所有的任务具有不同的优先级, 总是运行就绪条件下优先级高的任务, 各个任务独立工作、互不干涉, 使实时应用程序的设计和扩展变得容易, 大大简化了应用程序的设计过程。笔者将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植到 LPC2292 中, 提高了系统的运行效率和可靠性。

3.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中的任务及其优先级分配

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中创建的每个任务有 5 种状态, 分别是休眠态(Dormant)、等待态或挂起态(Pending)、就绪态(Ready)、运行态(Running)、中断服务态(Interrupt)。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中的每个任务都要设置优先级, 优先级最高的任务可先进入 CPU 运行, 其它任务只能在就绪状态中等待。

将 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 引入智能型电子式电动机过载保护继电器的设计中, 可将该继电器复杂的功能进行模块化和程序层次化处理, 按照功能划分为多个独立的模块任务, 各个模块任务可以分别单独编写, 任务之间可通过邮箱、信号量、消息、队列进行通信, 使得程序设计变得简单容易, 为今后的开发与维护提供了方便。按照该继电器所要实现的功能, 将其划分为 6 个并行存在的任务, 按其优先级从低到高的顺序排列依次是 LCD 显示任务、键盘扫描任务、开关量输入采集任务、数据运算和保护动作执行任务、通信任务、系统监视任务。电压、电流模拟输入数据采集任务放到 LPC2292 定时器中断服务程序中执行, 以提高系统响应速度。实时采集的电参量数据存储到指定寄存器单元, 供数据运算及其它任务使用。各个任务的优先级按照整个系统运行的时序要求确定, 对系统实时性要求较高和使用较频繁的任务被设置成优先级较高的任务。一般来说, 各任务的优先级在系统工作过程中是固定不变的。

智能型电子式电动机过载保护继电器中 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务优先级分配和各任务所占的堆栈容量如表 2 所示。

3.3 基于 CAN 总线的数据通信

智能型电子式电动机过载保护继电器的现场级嵌入式系统实现了模拟信号采样、对数据进行对称分量法运算、现场实时控制等功能, 而远程级上位机则实现了远距离控制、实时数据显示等功能。上位机和现场级嵌入式系统之间通过 CAN 总线通信。位于控制室的上位机通过 CAN 总线发送控制命令

表 2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务优先级分配和各任务所占的堆栈容量表

任务名称	任务优先级	堆栈容量/B
系统监视任务	4	80
通信任务	5	240
数据运算和保护动作执行任务	6	2 048
开关量输入采集任务	7	128
键盘扫描任务	8	128
LCD 显示任务	9	128

给现场级嵌入式系统, 以设定整套继电器的现场电压、电流、报警信息等初值, 同时现场电压、电流、报警信息等数据实时传给上位机。

上位机以 PCI-5110 接口卡为主控节点, 该节点管理 CAN 网络上过载保护继电器和上位机的数据交换。LPC2292 为 CAN 控制器, PCA82C250 为 CAN 收发器, 两者通过光电隔离器件连接, 最高通信速率为 2 Mbps。PCI-5110 接口卡具有配套的驱动程序和应用程序接口函数库。因此, 只需调用接口函数即可方便地进行上位机用户界面程序的编制, 从而实现软件上的通信和数据交换功能。

CAN 总线现场节点的软件设计主要包括 2 个部分: CAN 节点程序初始化模块和数据报文发送、接收模块。

(1) CAN 节点程序初始化模块

CAN 节点程序初始化模块主要实现 CAN 总线控制器的初始化设置, 通过在复位模式下设置 CAN 控制器的特殊功能寄存器来完成。需要特别注意的是, 各节点的速率必须保持一致, 而且要求收、发双方必须保持同步传递。

(2) 数据报文发送、接收模块

为达到系统的实时性要求, 数据报文发送、接收模块通过外部计数器扩展、用中断器实现报文的接收, 通过片选信号选通的方式实现报文信息的发送, 若收到发送出错的信息后则重发信息, 以保证 CAN 接收缓存器不会出现数据溢出而导致信息丢失的情况发生。

4 结语

智能型电子式电动机过载保护继电器实现了对电动机的数字化保护, 并实现了与上位机的远程通信功能。实验运行及现场应用结果表明, 该继电器具有操作方便、性能可靠、保护功能完善及抗干扰能力强等特点。多台智能型电子式电动机过载保护继电器组网后能方便地实现远程监控操作, 具有良好的应用前景。

文章编号:1671-251X(2009)06-0111-02

基于 USB 接口的传感器系统设计

田 兵, 赵宗渠, 李长青

(河南理工大学计算机科学与技术学院, 河南 焦作 454000)

摘要:针对常规监控用传感器系统笨重、复杂的缺点,文章介绍了一种基于 USB 接口的便携式传感器系统的设计方案,详细介绍了系统的硬件及软件设计,并给出了系统主要性能。该方案通过 USB 接口芯片 CH372 实时传输传感器测量数据,利用 PC 机处理和监测数据,增强了电路的易用型和可靠性。实际测试表明,基于 USB 接口的传感器系统能够满足监控系统的扩展应用需求。

关键词:传感器; USB; 单片机; CH372

中图分类号:TD67; TP212.9 **文献标识码:**B

0 引言

测控领域中的传感器系统一般采用基于常规电缆总线的数据传输方式,当数据需要即时测量时,该种传输方式存在布线繁琐、数据采集复杂等缺点。USB 技术的普遍采用以及 USB 规范的最新改进为设计便携式测控系统提供了硬件基础。USB 易于嵌入、即插即用(plug & play)、与主机之间采用单根电缆连接等特性使得 USB 设备的配置简便、便携。因此,笔者设计了一种基于 USB 接口的便携式传感器系统,该系统采用 USB 总线的通用设备接口芯片传输数据,极大地简化了外围设备与计算机的连接。

1 USB接口的工作原理

USB 接口的工作原理框图如图 1 所示。

单片机通过 USB 接口芯片接收数据时,由 PC 机首先将数据发送到 USB 接口芯片,接收到数据后,USB 接口芯片将数据锁定在 USB 缓冲区,随后 USB 接口芯片通过 INT 端向单片机发送中断请

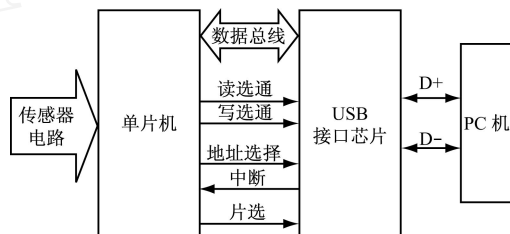


图1 USB接口的工作原理框图

求,当单片机响应中断后,由单片机执行中断服务程序接收数据,数据传输完成后释放 USB 缓冲区即可继续下一次 USB 通信;单片机通过 USB 接口芯片发送数据时,首先向 USB 接口芯片写入数据,USB 接口芯片在等待主机取走数据后再向单片机发出中断请求,由单片机继续写入下一组数据。

2 硬件设计

USB 接口电路如图 2 所示。

2.1 主电路

主电路以 CH372 为核心。CH372 内部集成了 PLL 倍频器,可将外部输入的 12 MHz 时钟倍频到 48 MHz,用于 USB 接口的 SIE 时钟;其内部还有数据缓冲区、被动并行接口、命令解释器、通用固件程序等。该主电路可完成 USB 数据双向传输、同步、数据校验等功能。

收稿日期:2009-02-11

作者简介:田 兵(1977-),男,讲师,现主要从事计算机控制技术方面的教学与研究工作。E-mail:tianbing2001@126.com

参考文献:

- [1] 杨维明,张培铭,张冠生. 低压接触器的智能化技术[J]. 低压电器,1997(2):3~6.
- [2] (美)拉伯罗斯. 嵌入式实时操作系统 $\mu C/OS-II$ [M]. 2版. 邵贝贝,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.

- [3] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [4] 饶运涛,邹继军,王进宏,等. 现场总线 CAN 原理与应用技术 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [5] 陈 渝,韩 超,李 明. 嵌入式系统原理及应用开发 [M]. 北京:机械工业出版社,2008.